



## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **2001196889 A**(43) Date of publication of application: **19.07.01**

(51) Int. Cl.

**H03H 9/19**  
**B06B 1/06**  
**H01L 21/3065**  
**H01L 41/09**  
**H03H 3/04**  
**H03H 9/02**

(21) Application number: **2000003943**(22) Date of filing: **12.01.00**(71) Applicant: **SEIKO EPSON CORP**(72) Inventor: **NAKAGAWA TETSUO**

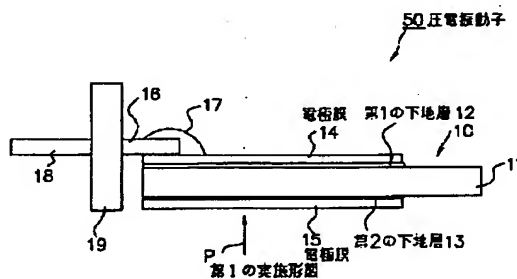
(54) **PIEZOELECTRIC RESONATOR AND  
 FREQUENCY ADJUSTMENT METHOD  
 THEREFOR**

COPYRIGHT: (C)2001,JPO

(57) Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a piezoelectric resonator whose frequency can accurately be adjusted without the need for a long time for the frequency adjustment while ensuring a bonding strength with a drive electrode and to provide its frequency adjustment method.

**SOLUTION:** One side of the piezoelectric resonator 10 where electrode metallic films 14, 15 are formed on both sides of a plate piezoelectric material 11 is bonded with a drive electrode terminal 16 under a heat and the other side is subject to plasma etching for frequency adjustment in the piezoelectric resonator 50. A 1st underlying layer 12 with a sufficient thickness is formed on the one side of the piezoelectric resonator to obtain a bonding strength between the electrode terminal and the electrode film, and a 2nd underlying layer 13 whose thickness is thinner than that of the underlying layer 12 on the one side is formed on the other side suitably for the plasma etching.



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-196889

(P2001-196889A)

(43) 公開日 平成13年7月19日 (2001.7.19)

(51)Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テームコード(参考)
H 0 3 H 9/19		H 0 3 H 9/19	C 5 D 1 0 7
B 0 6 B 1/06		B 0 6 B 1/06	Z 5 F 0 0 4
H 0 1 L 21/3065		H 0 3 H 3/04	B 5 J 1 0 8
41/09		9/02	M
H 0 3 H 3/04		H 0 1 L 21/302	A
審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 8 頁) 最終頁に続く			

(21) 出願番号 特願2000-3943(P2000-3943)

(22) 出願日 平成12年1月12日 (2000.1.12)

(71) 出願人 000002369

セイコーエプソン株式会社

東京都新宿区西新宿2丁目4番1号

(72) 発明者 中川 哲男

長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

(74) 代理人 100093388

弁理士 鈴木 喜三郎 (外2名)

Fターム(参考) 5D107 AA07 BB20 CC01 CD05

5F004 BA20 CB05 DA23 DB08 EA38

5J108 BB02 CC04 EE02 EE11 EE18

EE19 FF03 FF04 FF05 FF10

GG06 GG15 KK05 NA02 NB02

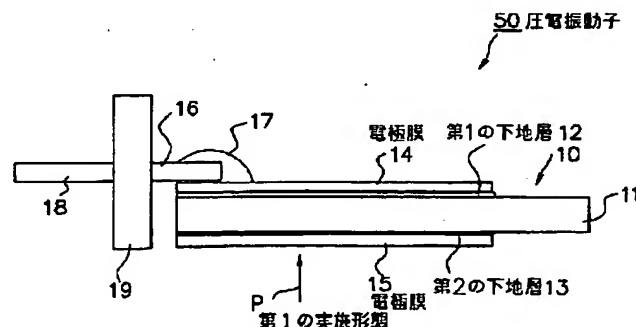
NB04

(54) 【発明の名称】 圧電振動子及び圧電振動子の周波数調整方法

(57) 【要約】

【課題】 駆動電極との接合強度を確保しながら、周波数調整に長時間を要することなく、正確に周波数の調整が可能な圧電振動子とその周波数調整方法を提供すること。

【解決手段】 板状の圧電材料11の両面に金属膜による電極膜14, 15を形成した圧電振動片10の一面が加熱下で駆動用の電極端子16と接合され、他面がプラズマエッチングにて周波数調整される圧電振動子50であって、圧電振動片の前記一面には、前記電極端子と前記電極膜との接合強度を得るに十分な厚みの第1の下地層12が設けられており、前記他面には、プラズマエッチングに適するように、前記一面の下地層よりも厚みが薄く設定された第2の下地層13が形成されている。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 板状の圧電材料の両面に金属膜による電極膜を形成した圧電振動片の一面が加熱下で駆動用の電極端子と接合され、他面がプラズマエッチングにて周波数調整される圧電振動子であって、  
圧電振動片の前記一面には、前記電極端子と前記電極膜との接合強度を得るに十分な厚みの第 1 の下地層が設けられており、

前記他面には、プラズマエッチングによる周波数調整に適するように、前記一面の下地層よりも厚みが薄く設定された第 2 の下地層が形成されていることを特徴とする圧電振動子。

【請求項 2】 前記第 1 及び第 2 の下地層が、クロム (Cr)、ニッケル (Ni)、チタン (Ti) のうちのいずれかの金属膜により形成されており、前記電極膜が金 (Au) または銀 (Ag) のどちらかの金属膜により形成されていることを特徴とする請求項 1 に記載の圧電振動子。

【請求項 3】 前記第 1 及び第 2 の下地層がクロム (Cr) で形成され、第 1 の下地層の厚みはほぼ 100 Å 以上であり、第 2 の下地層がほぼ 80 Å 以下で 20 Å 以上であることを特徴とする請求項 2 に記載の圧電振動子。

【請求項 4】 前記第 1 及び第 2 の下地層がニッケル (Ni) で形成され、第 1 の下地層の厚みはほぼ 100 Å 以上であり、第 2 の下地層がほぼ 40 Å 以下で 20 Å 以上であることを特徴とする請求項 2 に記載の圧電振動子。

【請求項 5】 前記第 1 及び第 2 の下地層がチタン (Ti) で形成され、第 1 の下地層の厚みはほぼ 100 Å 以上であり、第 2 の下地層がほぼ 60 Å 以下で 20 Å 以上であることを特徴とする請求項 2 に記載の圧電振動子。

【請求項 6】 板状の圧電材料の両面に金属膜による下地層を形成した後、それぞれ電極膜を形成して圧電振動片とし、この圧電振動片の一面を加熱下で駆動用の電極端子と接合し、他面がプラズマエッチングにて周波数調整される圧電振動子の周波数調整方法であって、  
この圧電振動片に前記下地層を設けるに際して、  
圧電振動片の前記一面には、前記電極端子と前記電極膜との接合強度を得るに十分な厚みのクロム (Cr)、ニッケル (Ni)、チタン (Ti) のいずれかの金属膜による第 1 の下地層を設け、  
前記他面には、プラズマエッチングに適するように、前記一面の下地層よりも厚みが薄く設定されたクロム (Cr)、ニッケル (Ni)、チタン (Ti) のいずれかの金属膜による第 2 の下地層を設け、  
前記第 2 の下地層側の電極膜にプラズマを照射してエッチングすることを特徴とする圧電振動子の周波数調整方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、例えば、圧電振動片をパッケージに内蔵した圧電振動子と圧電振動片の周波数調整方法の改良に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 近年、HDD (ハード・ディスク・ドライブ)、モバイルコンピュータ、あるいは IC カード等の小型の情報機器や、携帯電話、自動車電話、あるいはページングシステム等の移動体通信機器において、これら装置の小型薄型化がめざましく、それらに用いられる圧電振動子や圧電発振器等の圧電デバイスもその高性能化が要求されている。このような圧電振動子等では、パッケージ内に圧電材料でなる圧電振動片が収容されており、この圧電振動片としては、極めて薄い板状でなる圧電材料である水晶振動片が広く使用されている。

【0003】 すなわち、このような水晶振動片は、板状の両面に金属膜でなる電極膜が所定のパターンで形成されており、この電極膜に所定の駆動電圧を印加することにより、その厚みに依存した固有の振動周波数で振動するようになっている。そして、この振動を電気的に取り出して、組み込まれる機器の所定のクロック信号等に利用している。

【0004】 このような圧電振動子は、例えば図 8 に示す工程により製造される。

【0005】 すなわち、先ず、圧電材料である水晶を人工的に結晶成長させて、ウエハ状に切りわけるとともに、そのウエハ面を加工する (ST1)。

【0006】 上記ウエハを水晶振動片に加工するために、所定の大きさ及び形状の水晶チップに加工する (ST2)。次いで、小さな薄い板状とした水晶片の (表裏) 両面にクロム (Cr) による金属下地層を形成し、この下地層の上に金や銀による金属膜を形成して電極膜を設ける (ST3)。

【0007】 そして、上記水晶片に電極膜を設けた圧電振動片の表裏面の一方の面に外部から駆動電圧を供給するためのプラグのリードを加熱下にて接合する (ST4)。

【0008】 さらに、圧電振動片の上記電極膜にプラズマを照射して、電極の重さを減少させ、質量削減方式による周波数調整を行う (ST5)。そして、周波数調整後においては、プラグの接続された圧電振動片を所定のパッケージ内に封入して圧電振動子が完成する (ST6)。

## 【0009】

【発明が解決しようとする課題】 図 9 は、このような水晶振動片 1 を示している。この水晶振動片 1 は、薄い長方形の板状に形成されており、図 9 では断面が概略的に示されている。

【0010】 水晶振動片 1 の表裏両面には、下地層 2、2 が形成されており、さらに各下地層 2、2 の上には、金または銀でなる電極膜 3、3 が形成されている。

【0011】このような水晶振動片1の電極膜3、3の少なくとも一方に、上記ST4で説明した図示しないリードを接続し、パッケージに収容することによって、水晶振動子を構成するようにしている。

【0012】ここで、上述の水晶振動子では、電極膜3、3に所定の駆動電圧が印加された場合、水晶振動片1の振動周波数は、その重さ（質量）により僅かに異なる。

【0013】このため、図8のST5で説明したように、水晶板の両面に電極膜3、3を金属蒸着工程等にて、予め所望の周波数より低めの共振周波数となるように形成した後で、図示しない駆動電極を接続し、駆動電圧を印加して振動周波数を見ながら、プラズマを照射し、電極膜3、3の表面を逆スパッタリングによりエッチングすることによって、質量削減方式の周波数調整を行っている。

【0014】しかしながら、図9にて説明した構成によると、上述の周波数調整の際に逆スパッタリング工程に要するエネルギーが増大し、加工効率が悪いという問題があった。

【0015】すなわち、圧電振動片1は、図8の工程に従って製造されており、特に、ST4にて説明したプラグの接合の際に、加熱する必要があるが、また、接合後の圧電振動片の歪みをとる工程（図示せず）においても加熱される。このことにより、下地層2のクロムが加熱下で電極膜3内に拡散し、最表面に酸化クロムを形成することにより、金や銀と比較して、エッチングしにくい状態となる。

【0016】さらに、周波数調整工程において、クロムが拡散した状態においてプラズマを照射してエッチングする時間が長時間にわたると、圧電振動片1が長時間加熱されることになる。ところが、圧電振動片1の振動数は温度特性を有しており、高温の状態では周波数調整しながら、振動周波数のあわせこみを行っても、常温に戻ると周波数がずれてしまい、結局、正確な周波数にあわせこむことが困難となるという問題があった。この発明は上述のような課題を解決するためになされたもので、駆動電極との接合強度を確保しながら、周波数調整に長時間を要することなく、正確に周波数の調整が可能な圧電振動子とその周波数調整方法を提供することを目的とする。

【0017】

【課題を解決するための手段】上記目的は、請求項1の発明によれば、板状の圧電材料の両面に金属膜による電極膜を形成した圧電振動片の一面が加熱下で駆動用の電極端子と接合され、他面がプラズマエッチングにて周波数調整される圧電振動子であって、圧電振動片の前記一面には、前記電極端子と前記電極膜との接合強度を得るに十分な厚みの第1の下地層が設けられており、前記他面には、プラズマエッチングによる周波数調整に適する

ように、前記一面の下地層よりも厚みが薄く設定された第2の下地層が形成されている圧電振動子により、達成される。

【0018】請求項1の構成によれば、圧電振動片の前記一面の第1の下地層は、電極との接合強度を得ることを主目的として、その厚みを選定する。また、他面の第2の下地層は、その金属成分が電極端子との接合の際等の加熱下において、電極膜の金属内に必要以上に拡散しない程度を考慮して、少なくとも第1の下地層よりも薄く設定される。尚、電極端子とは、後述するインナーリードや、セラミックパッケージ内に配線された電極パターンの圧電振動片と接合される部分をいう。

【0019】これにより、第1の下地層と第2の下地層に異なる機能上の目的を付与することができ、特に第2の下地層においては、その金属成分が電極膜内に拡散することを極力防止することで、周波数調整の際におけるエッチングに要する時間を短縮し、同時に周波数調整工程における圧電振動片の温度上昇を防止して、その温度特性に基づく周波数のずれを防止し、短時間に正確な周波数調整を行うことができる。

【0020】請求項2の発明は、請求項1の構成において、前記第1及び第2の下地層が、クロム（Cr）、ニッケル（Ni）、チタン（Ti）のうちのいずれかの金属膜により形成されており、前記電極膜が金（Au）または銀（Ag）のどちらかの金属膜により形成されていることを特徴とする。

【0021】請求項2の構成によれば、請求項1の作用を得る上で、適切な材料選定を実現できる。

【0022】請求項3の発明は、請求項2の構成において、前記第1及び第2の下地層がクロム（Cr）で形成され、第1の下地層の厚みはほぼ100Å以上であり、第2の下地層がほぼ80Å以下で20Å以上であることを特徴とする。ここで、1Å=10nmである。

【0023】請求項3の構成によれば、第1の下地層のクロムの厚みが100Å以上でないと、十分な電極接合強度を得ることが難しい。また、第2の下地層のクロムの厚みが80Åを越えると、エッチングレートが低くなって、周波数調整に時間を要し、好ましくない温度上昇を招く。また、第2の下地層のクロムの厚みが20Å未満であると、電極膜を形成するための下地層としての機能を十分発揮できない。

【0024】請求項4の発明は、請求項2の構成において、前記第1及び第2の下地層がニッケル（Ni）で形成され、第1の下地層の厚みはほぼ100Å以上であり、第2の下地層がほぼ40Å以下で20Å以上であることを特徴とする。

【0025】請求項4の構成によれば、下地層をクロムではなく、他の金属で形成する場合は、ニッケル（Ni）が好ましい。この場合、第1の下地層のニッケルの厚みが100Å以上でないと、十分な電極接合強度を得

ることが難しい。また、第2の下地層のニッケルの厚みが40より大きいと、エッチングレートが低くなって、周波数調整に時間を要し、好ましくない温度上昇を招く。また、第2の下地層のニッケルの厚みが20Å未満であると、電極膜を形成するための下地層としての機能を十分発揮できない。

【0026】請求項5の発明は、請求項2の構成において、前記第1及び第2の下地層がチタン(Ti)で形成され、第1の下地層の厚みはほぼ100Å以上であり、第2の下地層がほぼ60Å以下で20Å以上であることを特徴とする。

【0027】請求項5の構成によれば、下地層をクロムではなく、他の金属で形成する場合は、チタン(Ti)も適している。この場合、第1の下地層のチタンの厚みが100Å以上でないと、十分な電極接合強度を得ることが難しい。また、第2の下地層のチタンの厚みが60Åより大きいと、エッチングレートが低くなって、周波数調整に時間を要し、好ましくない温度上昇を招く。また、第2の下地層のニッケルの厚みが20Å未満であると、電極膜を形成するための下地層としての機能を十分発揮できない。上記目的は、請求項6の発明によれば、板状の圧電材料の両面に金属膜による下地層を形成した後、それぞれ電極膜を形成して圧電振動片とし、この圧電振動片の一面を加熱下で駆動用の電極端子と接合し、他面がプラズマエッチングにて周波数調整される圧電振動子の周波数調整方法であって、この圧電振動片に前記下地層を設けるに際して、圧電振動片の前記一面には、前記電極端子と前記電極膜との接合強度を得るに十分な厚みのクロム(Cr)、ニッケル(Ni)、チタン(Ti)のいずれかの金属膜による第1の下地層を設け、前記他面には、プラズマエッチングに適するように、前記一面の下地層よりも厚みが薄く設定されたクロム(Cr)、ニッケル(Ni)、チタン(Ti)のいずれかの金属膜による第2の下地層を設け、前記第2の下地層側の電極膜にプラズマを照射してエッチングする、圧電振動子の周波数調整方法により、達成される。

#### 【0028】

【発明の実施の形態】以下、本発明の好適な実施の形態を添付図面を参照して説明する。

【0029】図1は、本発明の方法に使用される薄膜形成装置の概略構成例を示す平面図である。すなわち、本発明による圧電振動片の下地層や電極膜は、例えばこのような薄膜形成装置20を用いて形成される。

【0030】図において、薄膜形成装置20は、スパッタリング装置であり、真空チャンバー21内にて、互いに距離を置いて、平板状の第1のターゲット22と第2のターゲット23が対向するように配置されている。

【0031】これらのターゲット22、23は、圧電振動片の下地層の金属材料に対応しており、後述するように、例えば、クロム(Cr)やニッケル(Ni)、チ

ン(Ti)等の金属が、その時形成される下地層の種類に応じて選択される。

【0032】各ターゲット22及び23の背面側には、マグネット24及び25が固定されており、各ターゲット22及び23は、例えば図示するようにN極とS極が交互に位置するように多極着磁されている。各ターゲット22、23は、マイナス電圧が印加されることにより、マグネトロンカソードが形成されており、各マグネット24、25の磁束は、第1及び第2のターゲット22、23を通過して所定の磁界を形成している。

【0033】真空チャンバー21は密閉空間を形成しており、この真空チャンバー21には、排気口21bが設けられていて、この排気口21bから真空ポンプ等の手段によって、チャンバー21内の空気が排気される。一方、真空チャンバー21には、ガス導入口21aが設けられており、このガス導入口21aから不活性ガスとして、例えばアルゴン(Ar)ガスがチャンバー21内に導入されるようになっている。

【0034】そして、第1及び第2のターゲット22、23の間には、図8、9で説明したような圧電振動片として、例えば、水晶振動片10をセットした後述するマスク部材26が搬送方向Aに沿って移動されるようになっており、この搬送の間にスパッタリングによる成膜がされるようになっている。

【0035】図2は、上記マスク部材26の構成を示している。

【0036】図において、マスク部材26は、下から、比較的厚い形状のベースプレート31と、その上に重ねられるロアーマスク32と、その上に重ねられるアッパーマスク33と、その上に重ねられる補強マスク34の4層構造となっている。ベースプレート31と補強マスク34には、図3のF方向に長い開口31a、34aが形成されている。ロアーマスク32とアッパーマスク33とはその間に被成膜部材としての水晶振動片10を挟み込んで保持するようになっている。ロアーマスク32の開口32aは水晶振動片10の裏面側及び側面部の電極形状に対応しており、アッパーマスク33の開口33aは、水晶振動片10の表面側及び側面部の電極形状に対応している。

【0037】ここで、図2のアッパーマスク33の開口33a、ロアーマスク32の開口32aはそれぞれ水晶振動片10のひとつだけに対応した開口を図示している。しかしながら、実際には、図3に示すように、ひとつのマスク部材26には、縦横に多数の水晶振動片10が収容保持されるようになっており、保持する数だけこれら開口が形成されている。同様にして、補強マスク34の開口34aとベースプレート31の開口31aは、一番右の一行分に対応した大きな開口がひとつだけ表されている。しかしながら、実際には、図3に示すように、これらの開口は、矢印E方向に沿って複数形成され

ている。

【0038】図4は、このような薄膜形成装置20と同じ構造の薄膜形成装置40をマスク部材26が通過可能な開口部を有する防着板44により仕切った構造が示されている。

【0039】図において、薄膜形成装置40の構造は、図1の薄膜形成装置20と同じであるから重複する説明は省略する。この場合、薄膜形成装置20は、水晶振動片10に下地層を形成するもので、薄膜形成装置40は、下地層形成後の水晶振動片10にさらに電極膜を形成するためのものである。

【0040】このため、薄膜形成装置40のターゲット42、43は、後述するように電極膜を形成するための金属材料として、例えば金(Au)や銀(Ag)が選択される。

【0041】そして、水晶振動片10に、薄膜形成装置20にて下地層を形成した後で、防着板44を経由して、この下地層を形成した水晶振動片10を薄膜形成装置40内に移動させ、電極膜を形成するようになっている。ここで、図1の薄膜形成装置20により、圧電振動片10に対しては、以下のようにしてスパッタリングにより金属下地膜が形成される。

【0042】図1において、薄膜形成装置20の真空チャンバー21の排気口21bから真空ポンプ等の手段によって、チャンバー21内の空気が排気される。一方、真空チャンバー21のガス導入口21aから不活性ガスとして、例えばアルゴン(Ar)ガスがチャンバー21内に導入される。

【0043】この状態において、真空チャンバー21内に充填されたアルゴン(Ar)ガスが、各マグネット24及び25の磁界と、陰極である第1及び第2のターゲット22、23と、陽極となるマスク部材26の作用によってプラズマ化し、プラスイオンとなる。このプラスイオンとなったアルゴンイオンが陰極であるターゲット22、23に衝突すると、これにより、ターゲット22、23から材料粒子である下地金属の金属粒子が反跳されて飛び出す。

【0044】この金属粒子はマスク部材26に保持された水晶振動片10の露出された面に付着して、下地層が形成されることになる。

【0045】次に、図4において、防着板44を経由して、薄膜形成装置40内に下地層を形成した水晶振動片10を搬入し、上述と同様に、各ターゲット42、43の金属粒子が下地層の上に付着して電極膜が形成される。

【0046】図5は、本発明の圧電振動子の第1の実施形態を示しており、特徴を図示するためにその構成上パッケージとなる金属キャップだけが取り除かれた状態の断面図である。

【0047】図において、圧電振動子50は、水晶等の

圧電材料によって、薄い長方形の板状に形成された圧電素子11を有しており、図5に示すように、その両面に上述した薄膜形成装置20で形成される下地層を有している。この下地層は、圧電素子11の一面(図において上面)に設けられる第1の下地層12と、圧電素子11の他面(図において下面)に設けられる第2の下地層13とからなる。そして、この場合、下地層は、クロム(Cr)から形成されており、第1の下地層12は、第2の下地層13よりも厚く形成されている。

【0048】この第1及び第2の下地層12、13の上には、金(Au)または銀(Ag)等である電極膜14、15が、上述した薄膜形成装置40により形成されている。

【0049】さらに、電極膜14の端部とインナーリード16とが導電性の接着剤やハンダ17により電気的に固定されている。つまり、図示しないパッケージである金属管が被嵌されることにより真空封止される金属外環19には、その内部に充填された絶縁ガラスを貫通してアウターリード18が支持されており、インナーリード16は、圧電振動片10の電極膜14に加熱下で接合され、上記ハンダ17で固定されている。ここで、インナーリード16は、第1の下地層12が、他面の第2の下地層13よりも厚く形成されていることから、電極膜14が剥離することなく、電極膜14と強固に接合されている。尚、上記インナーリード16とアウターリード18とは連続したひとつのリードである。

【0050】そして、上記パッケージによる封止に先立って、本実施形態では、インナーリード16を接合した後、圧電振動片10は、第2の下地層13に対応した電極膜15を周波数調整面として、プラズマエッチングすることにより周波数調整される。

【0051】具体的には、この周波数調整は、例えば図示しないプラズマガンを装備した加工装置により行われ、周波数調整面である電極膜15にプラズマを照射して、電極膜を削り取り、質量削減方式にて周波数を高めるように行われる。この周波数調整は、例えば、少なくとも2つの工程を有していて、先ず、比較的高いエッチングレートにて行われる粗調と、粗調の後で、低いエッチングレートにて、所望の振動周波数に精密に合わせ込みを行う微調とが行われている。この工程は、図8で説明したST5と同じである。

【0052】ここで、上記周波数調整工程において、図示しない加工装置内で、圧電振動子50をパッケージにて封止する前に、図5の状態、矢印Pの方向から、電極膜15にプラズマを照射すると、適切なエッチングレートで、迅速に質量削減を行うことができる。

【0053】つまり、従来は、図5の第2の下地層13は、第1の下地層と同等の厚みであったために、上記したインナーリード16の接合の際の加熱により、第2の下地層13を構成するクロムが拡散して電極膜15内に

入り込み、最表面において、酸化クロムを形成することで、きわめてエッチングされにくい特性を付与することがあった。これに対して、図5の圧電振動子50では、第2の下地層13のクロムの厚みが薄いことから、このクロムの電極膜15への拡散量は僅かで、このためプラズマエッチングによるエッチングスピードが早くなって、周波数調整工程の時間が短縮される。さらに、このため、周波数調整工程における圧電振動片の温度上昇を防止することができるので、圧電振動片10の温度特性に基づく周波数のずれを防止し、短時間に正確な周波数調整を行うことが可能となり、周波数性能の点で精度の高い圧電振動子50を得ることができる。また、これにより、周波数性能の点で高精度の圧電振動子50を効率よく生産することができる。

【0054】図6は、圧電振動片10の第2の下地層13を第1の下地層12よりも薄くした条件にて、そのクロムの厚みを変化させたサンプル1乃至6にて、落下試験と、周波数加工後の周波数変化及び125度C（摂氏）にて1000時間放置した後に振動周波数の変化 $\Delta f$ と、クリスタルインピーダンスの変化 $\Delta CI$ を計測して表にまとめたもので、本発明の実施例である。

【0055】これに対して、図7は、圧電振動片10の第1の下地層12と第2の下地層13の厚みを同じに設定して、これらを構成するクロムの厚みを変化させた比較例をサンプル1乃至5で示したものである。

【0056】ここで、これらの図において、各項目に関する品質判断基準は、汎用品であるCr使用製品と、これより高価で、より精度が求められるNiまたはTiを使用した製品とで異なっており、周波数変化量（1500ppmに対する比）の判断基準はCrの場合10%以下、Niの場合5%以下、Tiの場合5%以下としている。 $\Delta f$ の判断基準は、Cr使用製品と、NiまたはTiを使用製品ともに同じで1ppm以下、 $\Delta CI$ の判断基準もCr使用製品と、NiまたはTiを使用製品ともに同じで1 $\Omega$ 以下である。

【0057】図6と図7を対比すると、図6では、接合側である第1の下地層12のクロムは、100Åあれば、落下試験の結果が示すとおり100サンプル中ひとつの破損もないことがわかる。一方、第1の下地層12よりも薄く形成した周波数調整面側である第2の下地層13の厚みは、80Åから20Åまで段階的に薄くしても、周波数加工後の周波数変化が150ppm以内であり、125度Cにて1000時間放置した後に振動周波数の変化 $\Delta f$ と、クリスタルインピーダンス $\Delta CI$ においても、よい結果を得ることできた。

【0058】そして、図6において、第1の下地層12と第2の下地層13を、クロムではなく、ニッケル（Ni）またはチタン（Ti）によって形成した場合にも、よい結果が得られている。

【0059】すなわち、サンプル7ないし9において、

ニッケル（Ni）を使用した場合、第1の下地層12の厚みが100Åで、第2の下地層13の厚みを40Åとした場合に、電極膜を金で構成しても銀で構成してもよい結果が得られている。そして、第2の下地層13の厚みをさらに薄い20Åとしても、サンプル9に示すように、上記基準を満たす結果が得られている。

【0060】また、サンプル10ないし13において、チタン（Ti）を使用した場合、第1の下地層12の厚みが100Åで、第2の下地層13の厚みを60Åとした場合に、電極膜を金で構成しても銀で構成してもよい結果が得られている。そして、第2の下地層13の厚みをさらに段階的に薄くして、40Åと20Åで試しても、サンプル12、13に示されているように、上記基準を満たす結果が得られている。

【0061】これに対して、図7のサンプル1乃至5は、第1の下地層12と第2の下地層13にクロムを用いた場合で、第1の下地層12と第2の下地層13の厚みを同じに設定した場合、その厚さを200Åから60Åまで変化させてみたが、いずれもよい結果が得られなかった。つまり、厚さ200Åから100Åでは、周波数調整後の周波数変化が150ppmを越えてしまう。このことは、電極膜を金で構成しても銀で構成しても同じである。下地層の厚みが100Å未満では、電極との接合強度が不足してしまう。

【0062】また、図7のサンプル6に見られるように、第1の下地層12と第2の下地層13とを異なる厚みとしても、第2の下地層13の厚みを10Å以下とした場合、長時間が経過すると、周波数にずれが生じ、また、クリスタルインピーダンスが増大してしまう。

【0063】図7のサンプル7と8は、下地層にニッケル（Ni）を使用し、第1の下地層12の厚みを100Åとし、第2の下地層13の厚みをそれぞれ60Åと10Åに設定している。サンプル7の場合は、周波数調整加工後の周波数変化が許容される基準より大きい。また、サンプル8の場合は、長時間が経過すると、周波数にずれが生じ、また、125度Cにて1000時間放置した後に振動周波数の変化 $\Delta f$ と、クリスタルインピーダンスが増大してしまう。

【0064】図7のサンプル9と10は、下地層にチタン（Ti）を使用し、第1の下地層12の厚みを100Åとし、第2の下地層13の厚みをそれぞれ80Åと10Åに設定している。サンプル9の場合は、周波数調整加工後の周波数変化が許容される基準より大きい。また、サンプル10の場合は、長時間が経過すると、周波数にずれが生じ、クリスタルインピーダンスが増大してしまう。

【0065】

【発明の効果】以上述べたように、本発明によれば、駆動電極との接合強度を確保しながら、周波数調整に長時間を要することなく、正確に周波数の調整が可能な圧電



振動子とその周波数調整方法を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の圧電振動子の製造に使用される薄膜形成装置の概略構成を示す平面図。

【図2】図1の薄膜形成装置に使用するマスク部材の一例を示す概略斜視図。

【図3】図1の薄膜形成装置に使用するマスク部材の一例を示す概略平面図。

【図4】図1の薄膜形成装置を利用して下地層と電極膜を形成するための構成を示す概略図である。

【図5】本発明の圧電振動子の第1の実施形態を示す概略断面図。

【図6】本発明の実施例を示す表。

【図7】本発明の比較例を示す表。

【図8】圧電振動子の製造工程を説明する概略工程図。

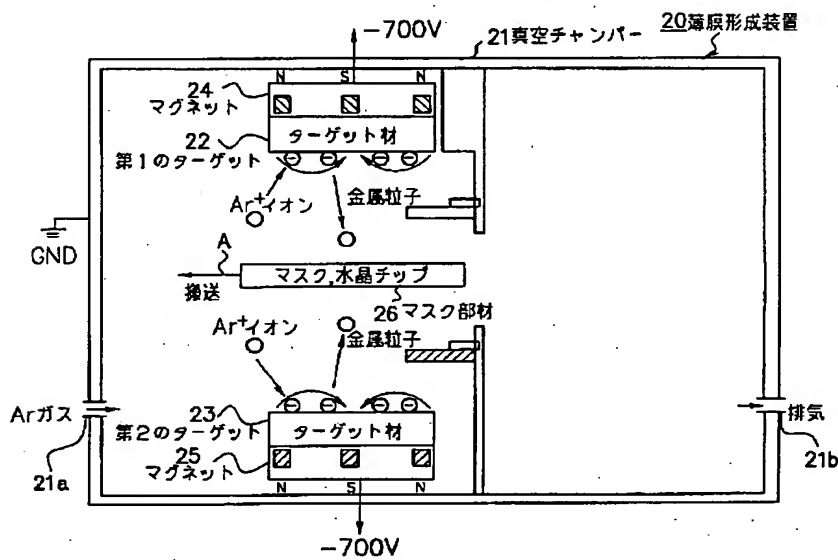
【図9】圧電振動子に使用される圧電振動片の構成を示す概略断面図。

す概略断面図。

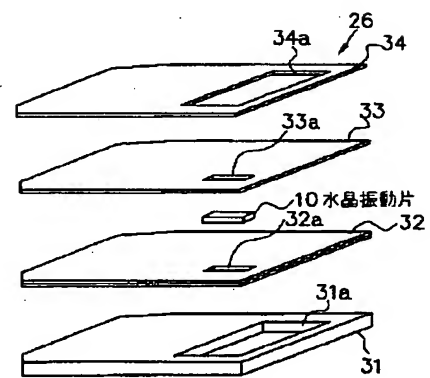
【符号の説明】

- |    |              |
|----|--------------|
| 10 | 圧電振動片（水晶振動片） |
| 11 | 圧電素子（水晶）     |
| 12 | 第1の下地層       |
| 13 | 第2の下地層       |
| 14 | 電極膜          |
| 15 | 電極膜          |
| 16 | インナーリード      |
| 20 | 薄膜形成装置       |
| 21 | 真空チャンバー      |
| 22 | 第1のターゲット     |
| 23 | 第2のターゲット     |
| 24 | マグネット        |
| 25 | マグネット        |
| 26 | マスク部材        |

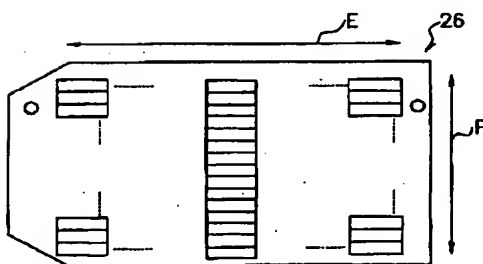
【図1】



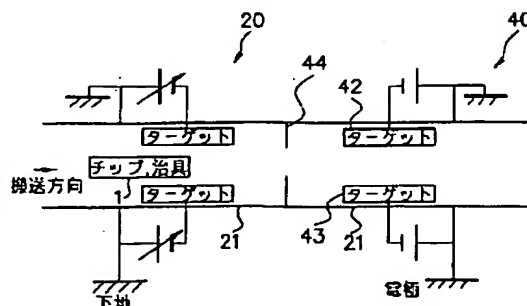
【図2】



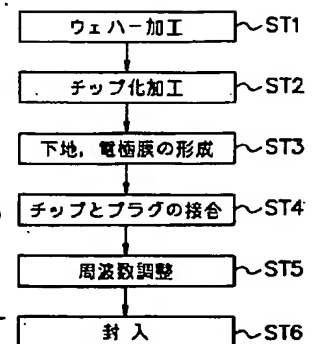
【図3】



【図4】

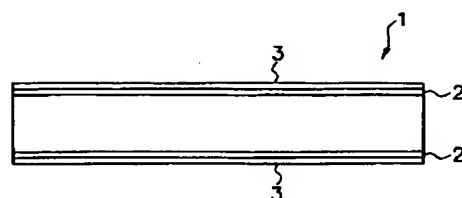


【図8】





【图 9】



【图 6】

\*1:エポキシ系A gペースト使用、硬化処理200℃で2時間  
\*2:治具重量600g、高さ125cm、回数100回  
\*3:アルゴングロー放電でのスパッタによるAu或いはAg膜の表面除去

【圖 7】

\*1: エポキシ系Agペースト使用, 硬化処理200℃で2時間  
\*2: 治具質量600g, 高さ125cm, 回数100回  
\*3: アルゴングロー放電でのスパッタによるAu或いはAg膜の表面除去

L